

## Photoelectric measuring system

**Patent number:** DE3416864  
**Publication date:** 1985-11-21  
**Inventor:** MICHEL DIETER ING GRAD (DE)  
**Applicant:** HEIDENHAIN GMBH DR JOHANNES (DE)  
**Classification:**  
- international: G01B11/02; G01B11/26  
- european: G01D5/36C; G01D5/38  
**Application number:** DE19843416864 19840508  
**Priority number(s):** DE19843416864 19840508

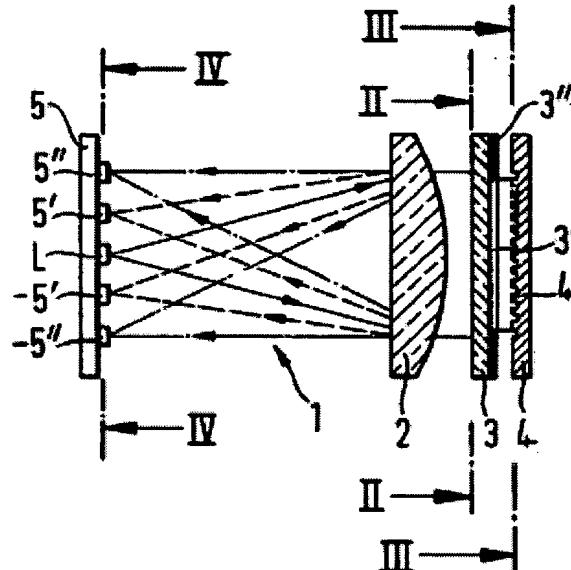
**Also published as:**

- E P0160811 (A2)
- US 4677293 (A1)
- J P60243514 (A)
- E P0160811 (A3)
- E P0160811 (B1)

Abstract not available for DE3416864

Abstract of corresponding document: US4677293

A photoelectric measuring system includes a graduation field in the form of a phase grid. An outer field is provided for the graduation field, and this outer field is likewise formed as a phase grid. The phase grids of the graduation field and the outer field have different grid constants, so that the diffraction images generated by them impinge in different places on an array of photodetectors which are circuited together antiparallel to one another. In this way a push-pull signal is generated which can be reliably evaluated and is well suited for use as a reference signal.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# ⑯ Offenlegungsschrift

## ⑯ DE 3416864 A1

⑯ Int. Cl. 4:

G 01 B 11/02

G 01 B 11/26

⑯ Aktenzeichen: P 34 16 864.8

⑯ Anmeldetag: 8. 5. 84

⑯ Offenlegungstag: 21. 11. 85

DE 3416864 A1

⑯ Anmelder:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 8225 Traunreut, DE

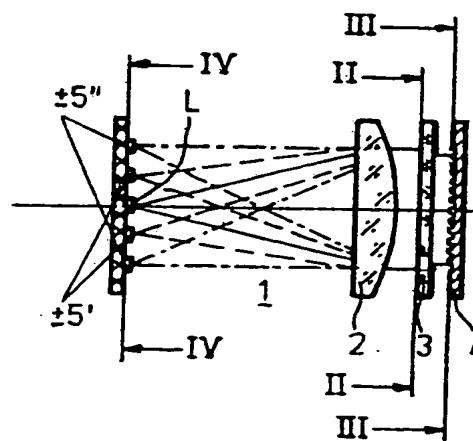
⑯ Erfinder:

Michel, Dieter, Ing.(grad.), 8220 Traunstein, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Photoelektrische Meßeinrichtung

Bei dieser photoelektrischen Meßeinrichtung ist dem Teilungsfeld (4') ein Phasengitter (4) zugeordnet. Dem Umfeld (4'') des Teilungsfeldes (4') ist ebenfalls ein Phasengitter (4) zugeordnet. Die Phasengitter (4, 4', 4'') haben eine unterschiedliche Gitterkonstante, so daß die durch sie erzeugten Beugungsbilder an verschiedenen Orten auf Photodioden (± 5'; ± 5'') treffen, die paarweise zueinander antiparallel geschaltet sind. Daraus läßt sich ein Gegentaktsignal ableiten, das sicher ausgewertet werden kann und als Referenzsignal geeignet ist.



DE 3416864 A1

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH

4. Mai 1984

## Ansprüche

=====

1. Vorrichtung zur photoelektrischen Erzeugung von elektrischen Signalen bei Lagemeßeinrichtungen insbesondere von codierbaren Referenzimpulsen bei Längen- oder Winkelmeßeinrichtungen, mit 5 wenigstens einer Beleuchtungseinrichtung, Abtastplatte, wenigstens einem Längen- oder Winkelteilungsfeld auf einem Teilungsträger, wenigstens einem Photodetektor und einer Auswerteschaltung, dadurch gekennzeichnet, daß dem wenigstens einen Längen- 10 oder Winkelteilungsfeld ( $4'$ ,  $45' 48'$ ,  $49'$ ) ein Phasengitter ( $4$ ,  $45$ ,  $48$ ,  $49$ ) zugeordnet ist, und daß die durch das Phasengitter ( $4$ ,  $45$ ,  $48$ ,  $49$ ) erzeugten Beugungsbilder Photodetektoren ( $5'$  15 bis  $-55''$ ) beaufschlagen, deren Lage durch die Wellenlänge ( $\lambda$ ) der verwendeten Strahlung und die Ausbildung (z.B. Gitterkonstante, Ausrichtung usw.) des Phasengitters ( $4$ ,  $45$ ,  $48$ ,  $49$ ) bestimmt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der ein Längen- oder Winkelteilungsfeld als Referenzmarkenteilungsfeld ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzmarkenteilungsfeld ( $4'$ ) als Phasengitter ( $4$ ) ausgebildet ist. 20
3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Referenzmarkenteilungsfeld ( $4'$ ) und dessen Umfeld ( $4''$ ) als unterschiedliche Phasengitter ausgebildet sind. 25

4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasengitter (4', 4'') als Rechteckprofilphasengitter mit unterschiedlicher Gitterkonstante, aber gleicher Ausrichtung ausgebildet sind.
- 5
5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasengitter als Echelettephasengitter (48', 48'') mit unterschiedlicher Gitterkonstante, aber gleicher Ausrichtung ausgebildet sind.
- 10
6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasengitter (49', 49'') aus Rechteckprofilphasengittern (49'') und Echelettephasengittern (49') kombiniert sind.
- 15
7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausrichtung der Phasengitter (4, 45, 48, 49) unterschiedlich ist.
- 20
8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasengitter (4, 45, 48, 49) als Auflicht- und/oder als Durchlichtgitter ausgeführt sind.
- 25
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Lage der Photodetektoren (5' bis -55'') nach der an sich bekannten Formel  
30  $\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{d}$  und ggf. nach der Brennweite der Abbildungsoptik bestimmt.

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH

4. Mai 1984

**Photoelektrische Meßeinrichtung**

---

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

- Derartige Vorrichtungen sind bei inkrementalen Längen- oder Winkelmeßeinrichtungen üblich, damit beispielsweise ein für die Meßeinrichtung definierter Nullpunkt festgelegt und reproduziert werden kann.
- In der DE-OS 18 14 785 ist der Aufbau einer Referenzmarke zur Erzeugung eines Referenzimpulses beschrieben.
- Ein genügend exakter Referenzimpuls lässt sich jedoch nur von einer derartigen Referenzmarke ableiten, wenn der Abtastabstand sehr klein ist und dementsprechend engen Toleranzen hinsichtlich der Abstandsschwankungen unterliegt.

Bei der photoelektrischen Abtastung bisher bekannter Referenzmarken erhält man Eintaktsignale. Um die zur sicheren Auswertung erforderlichen Gegen-

takt- bzw. Pseudogegentaktsignale zu erhalten,

5 müssen zwei Referenzmarken bzw. eine Referenzmarke und ein Feld (z.B. Spiegel) zum Erzeugen eines Be-

zugssignales vorgesehen und abgetastet werden.

Durch ungleichmäßige Verschmutzung der Referenz-

marken und durch Abstandsänderungen beim Abtasten

10 kann sich das erzeugte photoelektrische Signal so verändern, daß eine sichere Auswertung nicht mehr gegeben ist.

Ferner besitzen die bekannten Referenzmarken inner-

15 halb ihres Teilungsfeldes keine Codiermöglichkeit, um sie voneinander unterscheidbar zu machen.

Aus der DE-OS 23 16 248 ist ferner ein photoelek-

trischer Schrittgeber bekannt, der mit Phasengittern

20 arbeitet, wodurch ein größerer Abtastabstand der

beiden zueinander verschiebbaren Gitter zulässig

ist, und die Empfindlichkeit gegenüber Abstands-

änderungen geringer wird. In dieser Druckschrift

wird jedoch kein Hinweis darauf gegeben, wie bei-

25 spielsweise eine Referenzmarke genügend sicher ab-

getastet und ausgewertet werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine

Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen,

30 bei der die Toleranzen der Schwankungen des Abtast-

abstandes vergrößert werden können, bei der ein

verhältnismäßig großer Abtastabstand zulässig ist,

und bei der anhand von Referenzmarken Referenzim-

pulse erzeugt und ggf. codiert werden können.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung gelöst,  
die die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1  
aufweist.

- 5 Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegen darin, daß auch bei der Abtastung von Referenzmarken ein verhältnismäßig großer Abtastabstand zulässig ist, der dementsprechend gegenüber Änderungen relativ unempfindlich ist. Ferner ist es bei dieser  
10 Vorrichtung möglich, die einzelnen Referenzmarken zu codieren, so daß sie unterscheidbar und auswählbar werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen entnimmt man den Unter-  
15 ansprüchen.

Mit Hilfe von Ausführungsbeispielen soll anhand der Zeichnungen die Erfindung noch näher erläutert werden, wobei die Darstellungen zum besseren Verständ-  
20 nis stark vereinfacht wurden.

Es zeigen

Figur 1 eine Meßeinrichtung nach dem Auf-  
25 lichtverfahren arbeitend,

Figur 2 eine Teilansicht einer Abtastplatte entlang der Linie II/II  
nach Figur 1,

30 Figur 3 eine Teilansicht eines Phasengitters entlang der Linie III/III  
nach Figur 1.

Figur 4 eine Ansicht auf eine Platte mit Photodetektoren entlang der Linie IV/IV nach Figur 1,

5

Figur 5 eine Meßeinrichtung nach dem Durchlichtprinzip arbeitend,

10

Figur 6 ein Schaltbild von Photodetektoren,

15

Figur 7 einen typischen Signalverlauf eines Referenzmarken-Gegentaktsignals,

20

Figur 8 Querschnitt eines Echelette-Phasengitters mit unterschiedlicher Gitterkonstante und

25

Figur 9 Querschnitt einer Kombination eines Rechteck-Phasengitters mit einem Echelette-Phasengitter.

30

In Figur 1 ist schematisch eine im Auflichtverfahren arbeitende Meßeinrichtung 1 dargestellt. Die Strahlung einer Lichtquelle L wird durch einen Kondensor 2 auf eine Abtastplatte 3 geworfen. Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, weist die Abtastplatte 3 ein Teilungsfeld 3' auf, das aus einer Gruppe transparenter Bereiche besteht. Das Umfeld 3'' des Teilungsfeldes 3' ist absorbierend. Das Teilungsfeld 3' zeigt eine Referenzmarke, kann aber auch als periodische Teilung (Inkremental-Maßstab) ausgebildet sein. Eine derartige Ausgestaltung ist besonders sinnvoll, wenn bei herkömmlichen (Auflicht- oder

Durchlicht-Amplitudengittern) Maßstäben die sogenannte Einfeld-Gegentaktabtastung durchgeführt werden soll, um qualitativ höherwertige Signale zu erzeugen.

5

- Die durch die Abtastplatte 3 hindurchtretende Strahlung trifft auf ein reflektierendes Auflicht-Phasengitter 4, an dem sie reflektiert und gebaut wird. Die am Auflicht-Phasengitter 4 gebeugte Strahlung wird durch die Abtastplatte 3 und den Kondensor 2 zurückgeworfen und trifft auf eine Platte 5, auf der Photodetektoren 5', -5'; 5'', -5''' angeordnet sind.
- 10 15 Aus Figur 3 ist ersichtlich, daß das Auflicht-Phasengitter 4 ein Teilungsfeld 4' aufweist, das dem Teilungsfeld 3' der Abtastplatte 3 gleicht. Das Teilungsfeld 4' ist als Phasengitter mit einer Gitterkonstanten von 10  $\mu\text{m}$  ausgeführt. Das Umfeld 4'' des Teilungsfeldes 4' ist ebenfalls als Phasengitter ausgeführt, weist aber eine Gitterkonstante von nur 4  $\mu\text{m}$  auf. Die unterschiedlichen Gitterkonstanten der Phasengitter von Teilungsfeld 4' und Umfeld 4'' führen zu unterschiedlichen Beugungen, was unterschiedliche Beugungsbilder auf der Platte 5 mit den Photodetektoren 5', -5'; 5'', -5''' zur Folge hat. Die Furchen und Stufen der Phasengitter verlaufen in Meßrichtung X, was auch aus Figur 3 ersichtlich ist.
- 20 25 30 Die Furchen und Stufen der Phasengitter verlaufen in Meßrichtung X, was auch aus Figur 3 ersichtlich ist.
- Gemäß der Darstellung in Figur 1 verläuft die Meßrichtung X demnach senkrecht zur Zeichnungsebene.

Die Strahlung wird nun entsprechend dem Überdeckungs-

grad der Teilungsfelder 3' und 4' der Abtastplatte 3 und des Phasengitters 4 in Richtung der positiven und negativen Beugungsordnungen - von denen hier nur die erste betrachtet werden soll - reflektiert und

5 vom Kondensor 2 fokussiert. In der Brennebene des Kondensors 2 entstehen symmetrisch zur Lichtquelle L Beugungsbilder erster Ordnung. In der Brennebene des Kondensors 2 ist die Platte 5 angeordnet, deren Photodetektoren 5', -5'; 5'', -5'' so plaziert sind,

10 daß die Beugungsbilder erster Ordnung des jeweiligen Phasengitters 4', 4'' genau darauf treffen.

Abgesehen von der Wellenlänge  $\lambda$  des verwendeten Lichtes kann die Lage der Beugungsbilder gezielt

15 verändert werden, indem man die Phasengitter entsprechend ausgestaltet, was später anhand weiterer Ausführungsbeispiele noch näher erläutert werden wird.

- 20 In Figur 5 ist schematisch gezeigt, daß die Erfindung bei entsprechender Ausgestaltung auch für Meßeinrichtungen 15 geeignet ist, die im Durchlichtverfahren arbeiten.
- 25 Die Strahlung einer Lichtquelle L5 wird durch einen Kondensor 25 auf eine Abtastplatte 35 gerichtet, die ein Teilungsfeld 35' aufweist. Einem weiteren Teilungsfeld 45' ist ein Phasengitter 45 überlagert. Durch eine Abbildungsoptik 25' werden die Beugungsbilder der Lichtquelle L5 in einer Ebene fokussiert, in der lagerichtig Photodetektoren 55', - 55'; 55'', - 55'' auf einer Platte 55 angeordnet sind.
- 30

Wenn abweichend von der Darstellung gemäß Figur 1 nur dem Teilungsfeld 45' und nicht dem Umfeld 45'' -

oder umgekehrt - ein Phasengitter 45 zugeordnet wird, können Photodetektoren entfallen, da weniger Beugungsbilder entstehen. Diese Maßnahmen sind ins Belieben des Fachmannes gestellt und verlassen nicht 5 den durch die Erfindung gesteckten Rahmen.

Die Photodetektoren 5', -5' und 5'', -5'' sind paarweise und zueinander antiparallel zusammenge- schaltet, so daß sich das Schaltbild gemäß Figur 6 10 ergibt. Die Auswertung der durch die Photodetektoren erzeugten elektrischen Signale erfolgt durch Abgriff an Punkten R1 und R2, wie in Figur 6 dargestellt ist.

15 Ein typischer Signalverlauf eines Referenzmarken- Gegentaktsignales nach der Erfindung wird in Figur 7 dargestellt. Dieses an den Punkten R1 und R2 der Schaltung gemäß Figur 6 anstehende Signal läßt sich sicher auswerten, da ein ausreichendes Nutz-Stör- 20 signalverhältnis besteht, denn bei Änderung des Ab- standes und Verschmutzung verändert sich das Signal im wesentlichen symmetrisch zur Nulllinie (Amplitude).

25 Die bereits erwähnten Möglichkeiten der Codierung der Referenzmarken bestehen darin, die Phasengitter unterschiedlich auszubilden.

Bereits aus der Ausbildung der Phasengitter 4' und 4'' gemäß Figur 3 ist ersichtlich, daß die zugehöri- 30 gen Beugungsbilder an verschiedenen Orten auf ihre zugehörigen Photodetektoren  $\pm$  5' und  $\pm$  5'' treffen. Bei der gezeigten parallelen Ausrichtung der Phasen- gitter 4' und 4'' kann also durch den jeweiligen, ein Signal liefernden Photodetektor  $\pm$  5' oder  $\pm$  5'' 35 eindeutig bestimmt werden, zu welchem Phasengitter 4' oder 4'' das den jeweiligen Photodetektor  $\pm$  5

oder  $\pm 5''$  beaufschlagende Beugungsbild gehört.

Die Variante des in Figur 3 gezeigten Phasengitters ist die der Rechteckprofil-Phasengitter mit unterschiedlicher Gitterkonstante für das Teilungsfeld

- 5 und das Umfeld  $4''$ , jedoch mit gleicher (parallel) Ausrichtung.

In Figur 8 wird im Querschnitt eine Variante mit

- 10 Echelette-Phasengitter gezeigt, bei der das Teilungsfeld  $48'$  und das Umfeld  $48''$  unterschiedliche Gitterkonstanten und/oder Ausrichtung aufweisen. Die Beugungsbilder der Beleuchtung werden der Variation

- 15 entsprechend abgelenkt, und die den einzelnen Beugungsbildern zugeordneten Photodetektoren entsprechend plaziert. Dadurch können die einzelnen Referenzmarken codiert und durch Abgriff der entsprechenden Photodetektoren unterschieden werden.

- 20 Ferner sind gemäß Figur 9 Kombinationen von Rechteck-Phasengittern mit Echelette-Phasengittern gleicher oder unterschiedlicher Gitterkonstanten für Teilungsfeld und Umfeld möglich, wobei auch hier noch die Ausrichtung der Phasengitter unterschiedlich gemacht werden kann.

- 25 Die Ausgestaltung der Phasengitter wird der Fachmann den Einsatzbedingungen entsprechend auswählen und kombinieren. Besondere Bedeutung kommt dabei der gegenseitigen Ausrichtung der Phasengitter zu, da durch unterschiedliche Ausrichtung der Phasengitter und entsprechende Plazierung der zugehörigen Photodetektoren die Codierung der einzelnen Referenzmarken besonders einfach ist.

3416864

- 11 -

Die Plazierung der zu den jeweiligen Beugungsbildern gehörigen Photodetektoren ergibt sich aus den Zusammenhängen der Gittertheorie, die ausführlich in der 1978 veröffentlichten Dissertation  
5 von J. Wilhelm "Dreigitterschrittgeber - photo-elektrische Aufnehmer zur Messung von Lageänderungen" (TU Hannover) abgehandelt wird. Nach Seite 12 dieser Druckschrift lautet die Beugungsformel

10  $\sin \alpha = \frac{k \cdot \lambda}{d}$

wobei k die Ordnungszahl,  $\lambda$  die Wellenlänge und d die Gitterkonstante ist.

- A3 -  
Nummer:  
Int. Cl.<sup>4</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

34 16 864  
G 01 B 11/02  
8. Mai 1984  
21. November 1985

FIG. 3

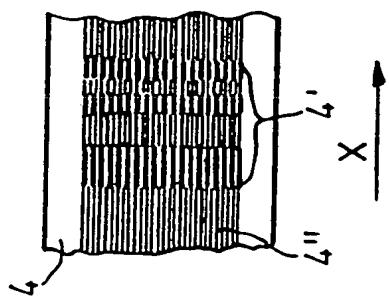


FIG. 2

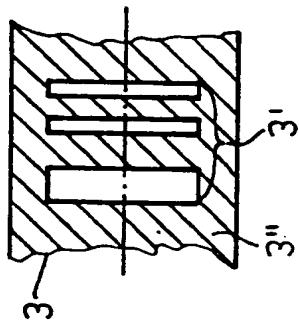


FIG. 1

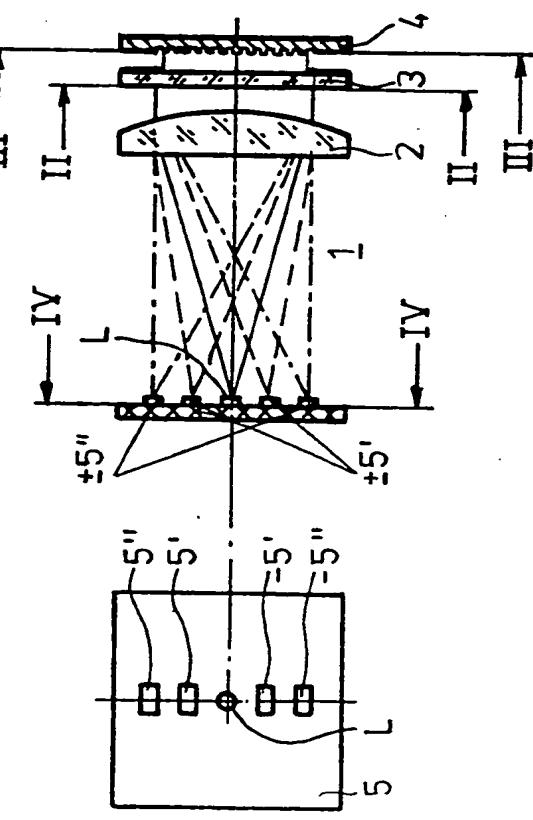


FIG. 4

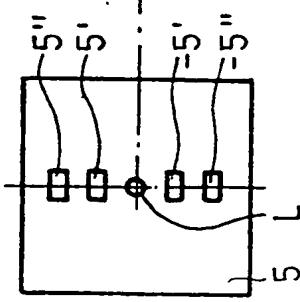
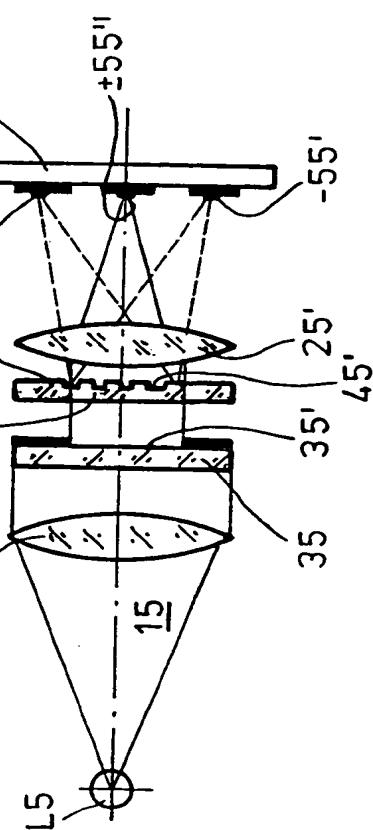


FIG. 5



3416864

-12-

2/2

FIG.6

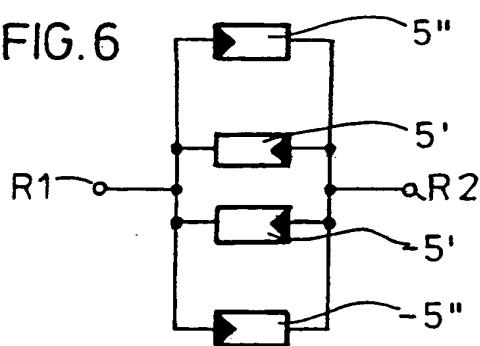


FIG.7

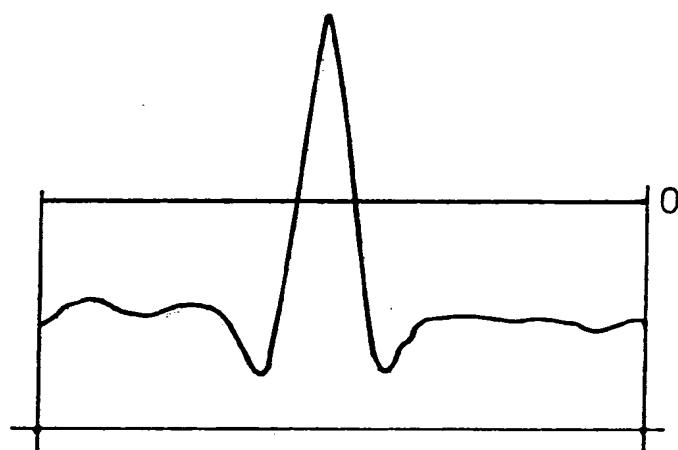


FIG.8

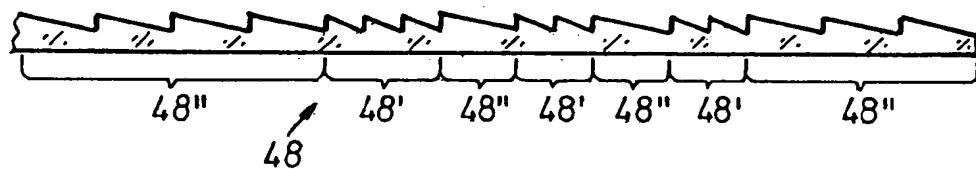


FIG.9

